

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-051255

(43)Date of publication of application : 25.02.1994

(51)Int.Cl.

G02F 1/09

G02F 1/09

(21)Application number : 04-205044

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 31.07.1992

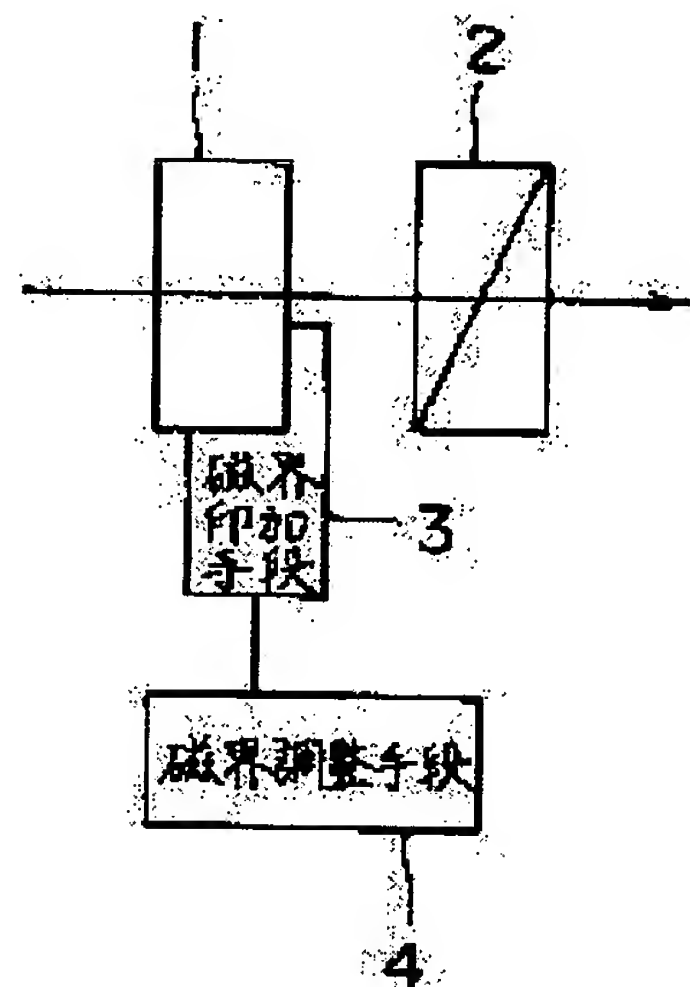
(72)Inventor : FUKUSHIMA NOBUHIRO

## (54) OPTICAL ATTENUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical attenuator which can achieve a required attenuation rate without using mechanical movable parts.

CONSTITUTION: An optical attenuator comprises a magneto-optical crystal 1; a polarizer 2; magnetic field application means 3 for applying first and second magnetic fields of different directions to the magneto-optical crystal 1 in such a way that the intensity of the combined magnetic fields exceeds a predetermined value; and magnetic field adjustment means 4 for varying the intensity of at least either one of the first and second magnetic fields.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.06.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2815509

[Date of registration] 14.08.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] magneto optics crystal (1) prepared in the propagation path of light This magneto optics crystal (1) Polarizer (2) which it is prepared [ polarizer ] in the propagation direction downstream of the above-mentioned light, and passes the light of the specific polarization direction synthetic magnetic field strength exceeds a predetermined value for the 1st and 2nd mutually different magnetic fields of a direction -- as -- the above-mentioned magneto optics crystal (1) A magnetic field impression means (3) to receive and impress The optical attenuator characterized by having a magnetic field adjustment means (4) to change at least one side of the strength of the above 1st and the 2nd magnetic field.

[Claim 2] The above 1st and the 2nd magnetic field are an optical attenuator according to claim 1 characterized by being impressed in the direction which intersects perpendicularly mutually in a flat surface including the propagation direction of the above-mentioned light.

[Claim 3] The above-mentioned magnetic field impression means (3) It is the electromagnet and permanent magnet which impress the above 1st and the 2nd magnetic field, respectively, and is the above-mentioned magnetic field adjustment means (4). Optical attenuator according to claim 2 characterized by adjusting the current which drives the above-mentioned electromagnet.

[Claim 4] The 2nd magnetic field of the above is an optical attenuator according to claim 3 characterized by being impressed by the propagation direction of the above-mentioned light, and parallel.

[Claim 5] The above 1st and the 2nd magnetic field are an optical attenuator according to claim 3 characterized by being impressed in the direction which inclined 45 degrees of outlines to the propagation direction of the above-mentioned light.

[Claim 6] The above-mentioned magnetic field impression means (3) It is the 1st which impresses the above 1st and the 2nd magnetic field, respectively, and 2nd electromagnets, and is the above-mentioned magnetic field adjustment means (4). Optical attenuator according to claim 2 characterized by adjusting at least one side of current which drives the above 1st and the 2nd electromagnet.

[Claim 7] The above-mentioned predetermined value is the above-mentioned magneto optics crystal (1). Optical attenuator according to claim 1 characterized by being the magnetic field strength needed for a Faraday-rotation angle being saturated.

[Claim 8] The above-mentioned magneto optics crystal (1) The Faraday-rotation angle which can be set is an optical attenuator according to claim 1 characterized by being set up more greatly than  $2n\pi$  ( $n$  is the natural number).

[Claim 9] The 1st lens which makes a collimated beam light which carried out outgoing radiation from the 1st optical fiber (41) and this 1st optical fiber (41) (43), It has further the 1st taper-like birefringence crystal (44) which divides the collimated beam from this 1st lens (43) into the 1st and 2nd beams the beams and the polarization direction cross at right angles mutually. It is arranged. this 1st optical fiber (41), the 1st lens (43), and the 1st birefringence crystal (44) -- this -- so that the above 1st from the 1st birefringence crystal (44) and the 2nd beam may carry out incidence to the above-mentioned magneto optics crystal The above-mentioned polarizer the above 1st in which Faraday rotation was carried out by the above-mentioned magneto optics crystal, and the 2nd beam The 2nd birefringence crystal of the shape of a taper divided into the 5th and 6th beams with which separate into the 3rd and 4th beams the beams and the polarization direction cross at right angles mutually, respectively, and the beams and the polarization direction cross at right angles mutually (45), the 2nd lens (46) and the 2nd optical fiber (47) -- containing -- this -- the 2nd birefringence crystal (45), the 2nd lens (46), and the 2nd optical fiber (47) this -- the optical attenuator according to claim 1 characterized by being arranged so that it may converge with the 2nd lens (46) of the above and any two parallel beams may carry out incidence to the 2nd optical fiber (47) of the above mutually of the above 3rd from the 2nd birefringence crystal, or the 6th beam

[Claim 10] The optical axis of the birefringence crystal (44) of the above 1st and the optical axis of the birefringence

crystal (45) of the above 2nd are an optical attenuator according to claim 9 characterized by the mutually parallel thing.

[Claim 11] The 1st lens which makes a collimated beam light which carried out outgoing radiation from the 1st optical fiber (51) and this 1st optical fiber (51) (52), It has further the 1st parallel plate-like birefringence crystal (53) which divides the collimated beam from this 1st lens (52) into the 1st and 2nd beams with which it is mutually parallel and the beams and the polarization direction cross at right angles mutually. It is arranged. this 1st optical fiber (51), the 1st lens (52), and the 1st birefringence crystal (53) -- this -- so that the above 1st from the 1st birefringence crystal (53) and the 2nd beam may carry out incidence to the above-mentioned magneto optics crystal The above-mentioned polarizer the above 1st in which Faraday rotation was carried out by the above-mentioned magneto optics crystal, and the 2nd beam The 2nd parallel plate-like birefringence crystal divided into the 5th and 6th beams with which it is mutually parallel respectively, and separate into the 3rd and 4th beams the beams and the polarization direction cross at right angles mutually, it is mutually parallel, and the beams and the polarization direction cross at right angles mutually (54), the 2nd lens (55) and the 2nd optical fiber (56) -- containing -- this -- the 2nd birefringence crystal (54), the 2nd lens (55), and the 2nd optical fiber (56) this -- the optical attenuator according to claim 1 characterized by being arranged so that it may converge with the 2nd lens (55) of the above and any two beams which are mutually [ of the above 3rd from the 2nd birefringence crystal (54) or the 6th beam ] in agreement may carry out incidence to the 2nd optical fiber (56) of the above

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the optical attenuator which comes to have a magneto optics crystal. An optical attenuator may be used, in order to adjust the luminous-intensity level inputted into either of the equipment which constitutes the system, when performing experiment and adjustment about an optical transmission system. Conventionally, as an optical attenuator, the thing to which it was made to change an attenuation factor mechanically is known. If it is used including an optical attenuator in a system so that the attenuation factor may be set to one of the objects of control, in order to raise the reliability of a system, utilization of an optical attenuator without a mechanical movable portion is desired.

[0002]

[Description of the Prior Art] There is a thing to which it was made to change an attenuation factor by mechanical operation as an optical attenuator put in practical use conventionally. For example, the distribution is given to the attenuation factor of the attenuation film inserted into an optical path, and an attenuation factor is adjusted by carrying out the variation rate of this attenuation film.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, to use it, including such an optical attenuator in a control system with which the attenuation factor is set as the object of control may be demanded practically. For example, in the light amplifier which the optical fiber by which rare earth elements were doped is made to guide signal light and excitation light, and was made to amplify signal light, in order to acquire necessary properties (for example, S/N etc.), it is the case where the power of signal light and/or excitation light is controlled according to monitor level.

[0004] In such a case, when securing the reliability of a control system, you should avoid use of the optical isolator which adjusts an attenuation factor mechanically. The main purpose of this invention is offering the optical attenuator which does not have a mechanical movable portion.

[0005] Other purposes of this invention become clear from the following explanation.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The magneto optics crystal by which the optical attenuator of this invention was prepared in the propagation path of light, The polarizer which it is prepared [ polarizer ] in the propagation direction downstream of the above-mentioned light of this magneto optics crystal, and passes the light of the specific polarization direction, It has a magnetic field impression means to impress the 1st and 2nd mutually different magnetic fields of a direction to the above-mentioned magneto optics crystal so that synthetic magnetic field strength may exceed a predetermined value, and a magnetic field adjustment means to change at least one side of the strength of the above 1st and the 2nd magnetic field.

[0007]

[Function] Drawing 1 is drawing for explaining the principle of this invention. In drawing 1 (A), a sign 1 or 4 expresses a magneto optics crystal, a polarizer, an above-mentioned magnetic field impression means, and an above-mentioned magnetic field adjustment means, respectively, and the composition specified by the block diagram of drawing 1 (A) is equivalent to the optical attenuator specified by the claim 1.

[0008] On the other hand, drawing 1 (B) is the block diagram which can be conceived comparatively easily using the magneto optics crystal 1 and polarizer 2 which were shown in drawing 1 (A) and in which showing the composition of the optical attenuator which does not have a mechanical movable portion. In drawing 1 (B), the sign 5 expresses a means to impress a magnetic field in the same direction as the propagation direction of light to a magneto optics crystal 1, and the sign 6 expresses a means to adjust this magnetic field strength.

[0009] Since it was thought that it was useful whether the optical attenuator of drawing 1 (B) is proposed actually



when explaining the operation by the magnetic field impression means 3 and the magnetic field adjustment means 4 in drawing 1 (A) although it is unknown, this was illustrated.

[0010] Where it is in the state which generally impressed the magnetic field (magnetic field) in a magneto optics crystal, that is, a magneto optics crystal is set in a certain magnetic field, whenever the linearly polarized light passes through the inside of a magneto optics crystal, the polarization direction (projection to a flat surface perpendicular to the propagation direction of the flat surface containing the electric field vector of the linearly polarized light) is rotated to a fixed hand of cut irrespective of the propagation direction.

[0011] This phenomenon is called Faraday rotation and it depends for the size (Faraday-rotation angle) of the angle of rotation of the polarization direction on the direction and strength of magnetization which were produced by the impression magnetic field. [ a magneto optics crystal ] Specifically, a Faraday-rotation angle is determined by the size of the component of the propagation direction of the light of the intensity of magnetization of a magneto optics crystal.

[0012] Now, in the composition which combined the magneto optics crystal and the polarizer, if the Faraday-rotation angle in a magneto optics crystal is adjusted, since the amplitude of the light outputted from a polarizer can be changed according to a Faraday-rotation angle, this composition is useful, when realizing the optical attenuator to the linearly polarized light.

[0013] If according to the composition of drawing 1 (B) a means 6 adjusts the size of an impression magnetic field and it glances, the Faraday-rotation angle in a magneto optics crystal 1 is adjusted effectively. However, the point which should be taken into consideration here is that magnetization of the magneto optics crystal 1 by the impression magnetic field does not reach a saturation state, but many magnetic domains exist in a magneto optics crystal 1, when the size of an impression magnetic field is comparatively small.

[0014] Such existence of many magnetic domains worsens the repeatability of the attenuation factor in an optical attenuator, and though good repeatability is secured, it makes adjustable [ of an attenuation factor / continuous ] difficult. Moreover, when many magnetic domains are in a magneto optics crystal 1, attenuation by dispersion of the light in the interface between each magnetic domain is also produced, and it becomes inconvenient [ on practical use ].

[0015] Since it is made according to this invention for the magnetic field impression means 3 to impress the 1st and 2nd magnetic fields to a magneto optics crystal 1 so that synthetic magnetic field strength may exceed a predetermined value, the intensity of magnetization in a magneto optics crystal 1 can always be saturated, and it can eliminate above-mentioned un-arranging according to existence of many magnetic domains. In addition, a magnetic domain can understand the state where intensity of magnetization was saturated in the magneto optics crystal, as a state set to one.

[0016] Moreover, according to the composition of this invention, since it is made to change at least one side of the strength of the 1st magnetic field strength and the 2nd magnetic field by the magnetic field adjustment means 4, thereby, the direction of the synthetic magnetic field of the 1st and 2nd magnetic fields is changeable. If the direction of a synthetic magnetic field changes, in connection with this, the direction of the magnetization in a magneto optics crystal 1 also changes, consequently although intensity of magnetization saturates and is fixed, the component of the optical propagation direction of intensity of magnetization will change, and the Faraday-rotation angle in a magneto optics crystal 1 will change after all.

[0017] Thus, according to this invention, there is no mechanical movable portion and, moreover, offer of the optical attenuator which whose repeatability was good and was excellent in practicality compared with the composition of drawing 1 (B) is attained.

[0018]

[Example] The example of this invention is explained below. Drawing 2 is the block diagram of the optical attenuator in the 1st example of this invention. This optical attenuator is equipped with the Faraday-rotation child 11 and the polarizer 12. A polarizer 12 is a Glan-Thompson prism.

[0019] The Faraday-rotation child 11 consists of a source 16 of a good transformation style which gives drive current to a magneto optics crystal 13, the permanent magnet 14 and electromagnet 15 which impress a magnetic field in the direction which intersects perpendicularly mutually to a magneto optics crystal 13, and an electromagnet 15.

[0020] By using the comparatively thin magneto optics crystal 13 of the thickness of sufficient grade for a light beam to penetrate, a saturation magnetic field (magnetic field strength needed for saturating magnetization of a magneto optics crystal or saturating a Faraday-rotation angle) can be made small. As a magneto optics crystal 13, YIG (yttrium iron garnet) started thinly and the 3 (GdBi) 5 (FeAlGa) O12 grade which carried out the epitaxial crystal growth can be used.

[0021] The direction of the magnetic field impressed to a magneto optics crystal 13 with a permanent magnet 14 is parallel to the transparency direction of the light beam 17 in a magneto optics crystal 13, and that of the direction of the magnetic field impressed to a magneto optics crystal 13 with an electromagnet 15 is perpendicular to the magnetic field impression direction by the permanent magnet 14 in a magneto optics crystal 13, and the transparency direction of a

light beam 17.

[0022] The light beam 17 which carries out incidence to a magneto optics crystal 13 is the linearly polarized light, and is made to carry out Faraday rotation of the polarization direction by the Faraday-rotation child 11. The light which penetrated the magneto optics crystal 13 has one polarization component of the two polarization components the components and the polarization direction cross at right angles mutually with a polarizer 12 taken out, and this serves as an optical output of this optical attenuator.

[0023] The synthetic magnetic field strength by the permanent magnet 14 and the electromagnet 15 is set up so that it may become always larger than the saturation magnetic field in a magneto optics crystal 13. The reason is as having mentioned above. Moreover, the adjustable range of the source 16 of a good transformation style is set as the range which can adjust the polarization direction of the light which carries out outgoing radiation from a magneto optics crystal 13 between the direction which is in agreement in the polarization direction of the optical output of this optical attenuator, and the direction which intersects perpendicularly in this direction.

[0024] In the XYZ rectangular cross three-dimensions system of coordinates used by the following explanation, the Z-axis is parallel to the propagation direction of the transmitted light of a magneto optics crystal 13, and the Y-axis is parallel to the thickness direction of a magneto optics crystal 13. That is, the direction of the impression magnetic field according to a permanent magnet 14 at this example is parallel to the Z-axis, and the direction of the impression magnetic field by the electromagnet 15 is parallel to the X-axis.

[0025] Drawing 3 is drawing for explaining the direction and strength (size) of magnetization. [ the magnetic field given to a magneto optics crystal 13 in the Faraday-rotation child 11 shown in drawing 2 , and a magneto optics crystal 13 ]

[0026] As now shown to a magneto optics crystal 13 by the sign 101 only with a permanent magnet 14, when the magnetic field is impressed, magnetization of a magneto optics crystal 13 becomes the Z-axis and parallel, as a sign 102 shows. The impression magnetic field strength at this time (the length of a magnetic field vector 101) is set up so that the intensity of magnetization (the length of the magnetization vector 102) of a magneto optics crystal 13 may be saturated. And for example, a Faraday-rotation angle from which the permeability of an optical attenuator becomes the maximum in this state shall be acquired.

[0027] If it is impressed in parallel with the X-axis as the magnetic field by the electromagnet 15 is shown by the sign 103, a synthetic magnetic field will serve as a synthetic vector of magnetic field vectors 101 and 103, as shown by the sign 104. Magnetization as shown in a magneto optics crystal 13 with a sign 105 by this synthetic magnetic field 104 arises. The magnetization vector 105 and the magnetic field vector 104 are parallel, and length's of the magnetization vector 105 correspond with the length of the magnetization vector 102.

[0028] The degree of contribution to Faraday rotation in a magneto optics crystal 13 is not necessarily the same just because the intensity of magnetization of a magneto optics crystal 13 is fixed. It is because a Faraday-rotation angle is dependent also on the relation between the direction of the magnetization concerned, and the propagation direction of light.

[0029] That is, if the state where the state where magnetization 102 has arisen, and magnetization 105 have arisen is compared, only in the part to which the Z component 106 of magnetization 105 is decreasing to Z component (magnetization 102 itself) of magnetization 102, the latter Faraday-rotation angle will become small.

[0030] What is necessary is just to set the difference of the Faraday-rotation angle between both as  $\pi/2$  (90 degrees), in order to obtain the minimum permeability in the latter state (i.e., in order for all the components of light to be removed by the polarizer 12 in the latter state), since the maximum permeability is obtained in the former state.

[0031] If the angle which the magnetic field 101 and the synthetic magnetic field 104 by the permanent magnet 14 make is now set to  $\theta$ , the angle which magnetization 102 and magnetization 105 make is also set to  $\theta$ , and they are the Z component 106 of magnetization 105, and the ratio of magnetization 102. It is equal to  $\cos\theta$ .

[0032] For example, when the Faraday-rotation angle of the magneto optics crystal 13 when the magnetic field is impressed only with the permanent magnet 14 is set as  $2\pi$ , all the ranges of the maximum permeability to the minimum permeability can be covered by setting up the current adjustable width of face of the source 16 of a good transformation style so that  $(1-\cos\theta)$  may be set to 0.25. When these Faraday-rotation angles are  $4\pi$  and  $8\pi$ , a value [ respectively /  $(1-\cos\theta)$  ] will be good at  $0.25/2$  and  $0.25/4$ .

[0033] Therefore, what is necessary is just to enlarge  $n$  as much as possible, when setting a Faraday-rotation angle when the magnetic field is impressed only with the permanent magnet 14 to  $2n\pi$  ( $n$  is the natural number), in order to stop small the current adjustable width of face for covering all the ranges of the maximum permeability to the minimum permeability. In addition, that may not be right although the expedient top  $n$  of explanation is the natural number. The value of  $n$  can be set up according to the relation between the polarization direction of an incident light, and the direction of peculiar polarization of a polarizer 12.



[0034] According to this example, since the saturation magnetic field is always impressed to the magneto optics crystal 13 over all the ranges of the maximum permeability to the minimum permeability, un-arranging resulting from many magnetic domains being formed in a magneto optics crystal 13 does not arise. Moreover, since adjustment electric about all the ranges from the maximum permeability to the minimum permeability is possible, offer of a reliable optical attenuator with good and responsibility is attained.

[0035] Drawing 4 is drawing showing a Faraday-rotation child's modification shown in drawing 2. The point that this Faraday-rotation child 11' differs from the Faraday-rotation child 11 of drawing 2 is a point of forming the parallel flat surfaces 28 and 29 in the vertical angle which a magneto optics crystal 13 faces mutually, and making it a light beam 27 pass through these fields 28 and 29.

[0036] In this example, the direction of a magnetic field by the permanent magnet 14 and the direction of the magnetic field by the electromagnet 15 incline 45 degrees of outlines to both the propagation directions of light. In this example, in XYZ rectangular cross three-dimensions system of coordinates, a Y-axis is parallel to the thickness direction of a magneto optics crystal 13, and presupposes that the Z-axis is parallel to the propagation direction of light.

[0037] Drawing 5 is a magnetic field in the Faraday-rotation child shown in drawing 4, and explanatory drawing of magnetization. The magnetic field impressed with an electromagnet 15 can adjust strength and the sense in the range of the state by which it is shown with a sign 112 from the state shown with a sign 111. The sign 113 shows the impression magnetic field by the permanent magnet 14. In this case, strength and a direction change in the range in the state where it is expressed with the state where a synthetic magnetic field is expressed with a sign 114, and a sign 115.

[0038] In connection with this, strength and a direction change from the state where magnetization of a magneto optics crystal 13 is also expressed with a sign 116, in the range in the state where it is expressed with a sign 117. The adjustable width of face of above-mentioned theta can be easily set as the range of  $\pi/2$  from zero, without enlarging adjustable width of face of the drive current of an electromagnet 15 so much, if Faraday-rotation child 11' of drawing 4 is used, so that clearly from drawing. In addition, the impression magnetic field by the permanent magnet 14 is set up so that a Faraday-rotation angle may fully be saturated with the state (the impression magnetic field by the electromagnet 15 is the state of zero) by which it is shown with the sign 118 from which intensity of magnetization becomes the minimum.

[0039] Drawing 6 is drawing showing other modifications of the Faraday-rotation child of drawing 2. The point that 11" of this Faraday-rotation child differs from the Faraday-rotation child 11 of drawing 2 is a point of having replaced with the permanent magnet 14 of drawing 2, having formed the electromagnet 31, and having formed the source 32 of a good transformation style which gives drive current further to an electromagnet 31.

[0040] Drawing 7 is a magnetic field in 11" of Faraday-rotation children of drawing 6, and explanatory drawing of magnetization. According to the composition of drawing 6, it can be made to change keeping a saturation magnetic field continuous in a synthetic magnetic field, as shown in a sign 121 or 124 by adjusting the impression magnetic field by electromagnets 15 and 31. In connection with this, magnetization of a magneto optics crystal 13 changes, as shown in a sign 125 or 128.

[0041] Thus, according to the composition of drawing 6, the adjustable range of above-mentioned theta can be easily set as zero or  $\pi/2$ , without using the magneto optics crystal of a complicated configuration like drawing 4.

[0042] Drawing 8 is the block diagram of an optical attenuator showing the 2nd example of this invention. It is arranged in this sequence from the light source side which an optical fiber 41, a lens 43, the taper-like birefringence crystal 44, the Faraday-rotation child 11 of drawing 2, the taper-like birefringence crystal 45, a lens 46, and an optical fiber 47 do not illustrate.

[0043] The quality of the material of the birefringence crystals 44 and 45 is a rutile, and these configurations are the same. The field which the crowning and pars basilaris ossis occipitalis of the birefringence crystal 44 counter the pars basilaris ossis occipitalis and crowning of the birefringence crystal 45, respectively, and corresponds is mutually parallel. Moreover, the optical axis of the birefringence crystals 44 and 45 is in a flat surface perpendicular to space, and the physical relationship of each optical axis is based on a setup of the loss at the time of the zero input of an attenuator. In the following explanation, at the time of a zero input, it supposes that it is determined that loss becomes the minimum, and the optical axis of the birefringence crystal 44 and the optical axis of the birefringence crystal 45 presuppose mutually that it is parallel.

[0044] The outgoing radiation light of an optical fiber 41 is collimated by the lens 43, and becomes an parallel light beam. This beam disregards a beam size and is expressed with the sign 130. A beam 130 is divided into the beam 131 which is equivalent to the ordinary ray in the birefringence crystal 44, and the beam 132 equivalent to an extraordinary ray. The polarization direction of a beam 131 and the polarization direction of a beam 132 lie at right angles mutually.

[0045] Only the respectively same angle rotates the polarization direction by the Faraday-rotation child 11, and beams 131 and 132 turn into beams 133 and 134, respectively. A beam 133 is divided into the beam 135 which is the ordinary

ray component, and the beam 136 which is an extraordinary-ray component in the birefringence crystal 45. Moreover, a beam 134 is divided into the beam 137 which is the extraordinary-ray component, and the beam 138 which is an ordinary ray component in the birefringence crystal 45.

[0046] If a beam 135 or 138 takes into consideration the history of refraction, the configuration of the birefringence crystals 44 and 45, and arrangement gestalt which have been received, respectively, beams 135 and 137 are mutually parallel, and that of beams 136 and 138 are not mutually parallel.

[0047] Therefore, only beams 135 and 137 can be narrowed down with a lens 46 a beam 135 or among 138, and incidence can be carried out to an optical fiber 47. Now, the ratio of the total power of beams 135 and 137 and the total power of beams 136 and 138 is dependent on the Faraday-rotation angle in the Faraday-rotation child 11. On the other hand, in the state where the Faraday-rotation angle in the Faraday-rotation child 11 is fixed, the total power of beams 135 and 137 is not dependent on the polarization state of the outgoing radiation light of an optical fiber 41.

[0048] Therefore, according to this example, offer of the optical attenuator by which an attenuation factor can be changed electrically and continuously and the polarization state of an incident light moreover is not limited to the specific linearly polarized light is attained.

[0049] Drawing 9 is the block diagram of an optical attenuator showing the 3rd example of this invention. It is arranged from the light source side which the birefringence crystal 54, a plate-like lens 55, and a plate-like optical fiber 56 parallel to the plate-like birefringence crystal 53 parallel to an optical fiber 51 and a lens 52 and the Faraday-rotation child 11 of drawing 2 do not illustrate in this sequence.

[0050] The birefringence crystals 53 and 54 are formed from a rutile, and that of such thickness are equal. Moreover, the optical axis of the birefringence crystal 53 and the optical axis of the birefringence crystal 54 intersect perpendicularly mutually, and 45 degrees of each optical axis incline to the travelling direction of light, respectively.

[0051] The outgoing radiation light of an optical fiber 51 is collimated by the parallel light beam with a lens 52. This beam disregards a beam size and is expressed with a sign 140. A beam 140 is divided into the beam 141 which is equivalent to the ordinary ray in the birefringence crystal 53, and the beam 142 equivalent to an extraordinary ray. Beams 141 and 142 are mutually parallel, and the polarization direction of a beam 141 and the polarization direction of a beam 142 intersect perpendicularly mutually.

[0052] Beams 141 and 142 rotate the polarization direction by the Faraday-rotation child 11, and turn into beams 143 and 144, respectively. A beam 143 is divided into the beam 145 which is equivalent to the ordinary ray component in the birefringence crystal 54, and the beam 146 equivalent to an extraordinary-ray component. A beam 144 is divided into the beam 147 which is equivalent to the ordinary ray component in the birefringence crystal 54, and the beam 148 equivalent to an extraordinary-ray component.

[0053] Since it is mutually parallel and such thickness is equal, the beam 145 of the birefringence crystals 53 and 54 corresponds with a beam 148. Therefore, only beams 145 and 148 can be narrowed down with a lens 55 a beam 145 or among 148, and incidence can be carried out to an optical fiber 56.

[0054] Now, the ratio of the total power of beams 145 and 148 and the total power of beams 146 and 147 is dependent on the Faraday-rotation angle in the Faraday-rotation child 11. On the other hand, in the state where the Faraday-rotation angle in the Faraday-rotation child 11 is fixed, the total power of beams 145 and 148 is not dependent on the polarization state of the outgoing radiation light of an optical fiber 51.

[0055] Therefore, according to this example, offer of the optical attenuator by which an attenuation factor can be changed electrically and continuously and the polarization state of an incident light moreover is not limited to the specific linearly polarized light is attained.

[0056]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the effect that offer of the optical attenuator excellent in the practicality which does not have a mechanical movable portion is attained is done so.



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DRAWINGS

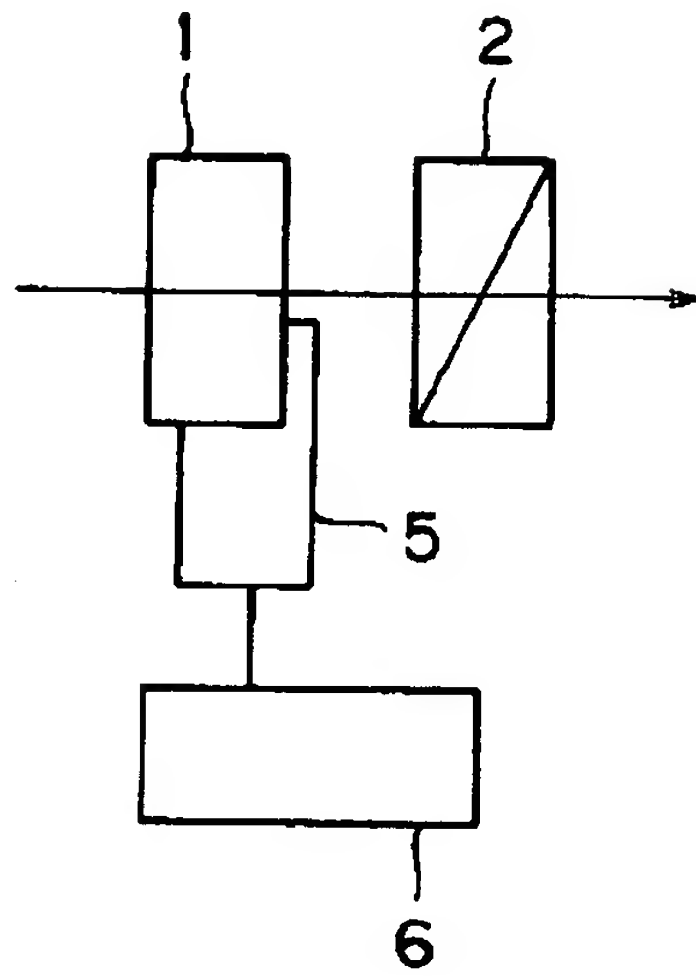
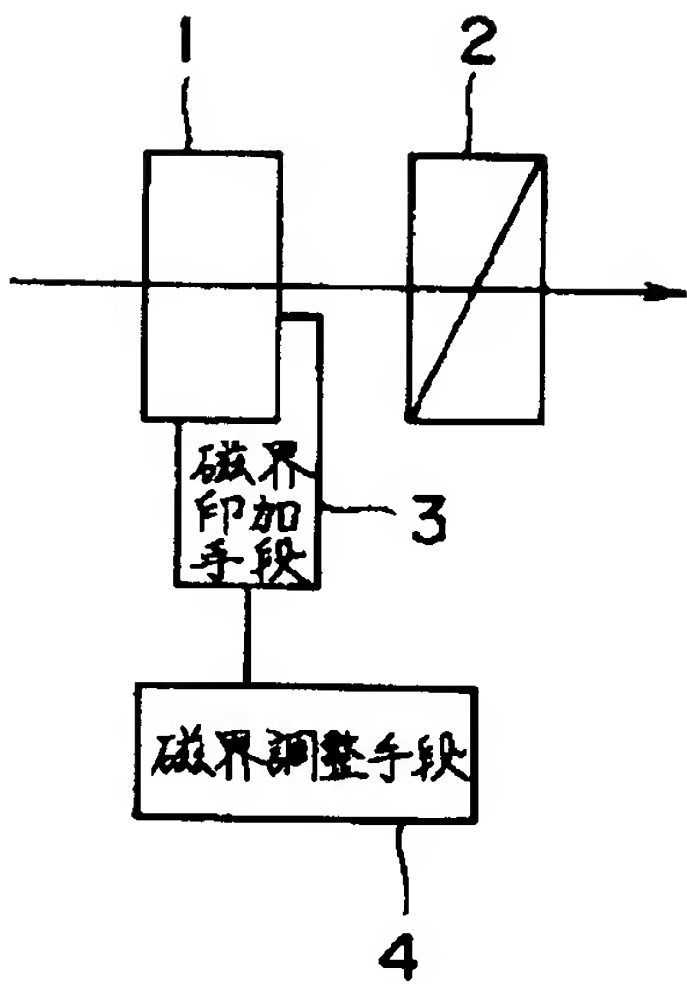
---

[Drawing 1]

本発明の原理説明図

( A )

( B )

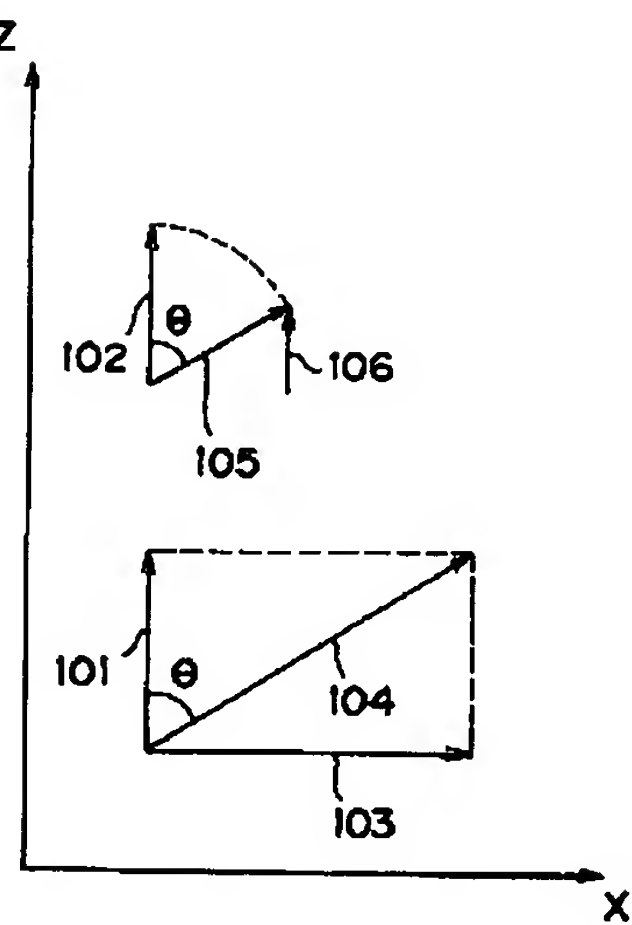


1 : 磁気光学結晶

2 : 偏光子

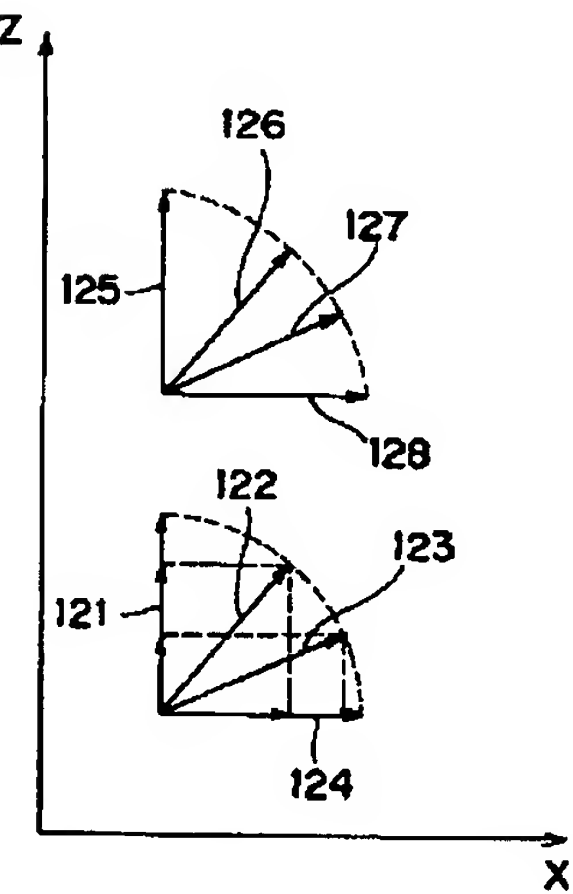
[Drawing 3]

図 2 における磁界及び磁化の説明図



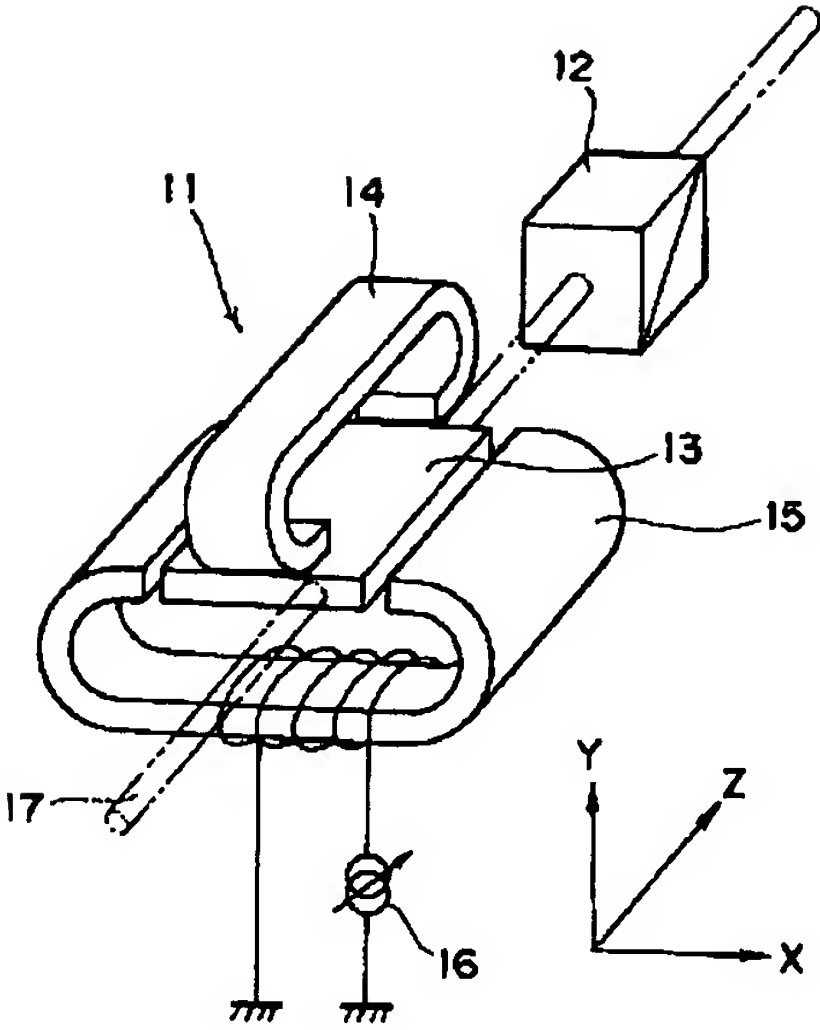
[Drawing 7]

図 6 における磁界及び磁化の説明図

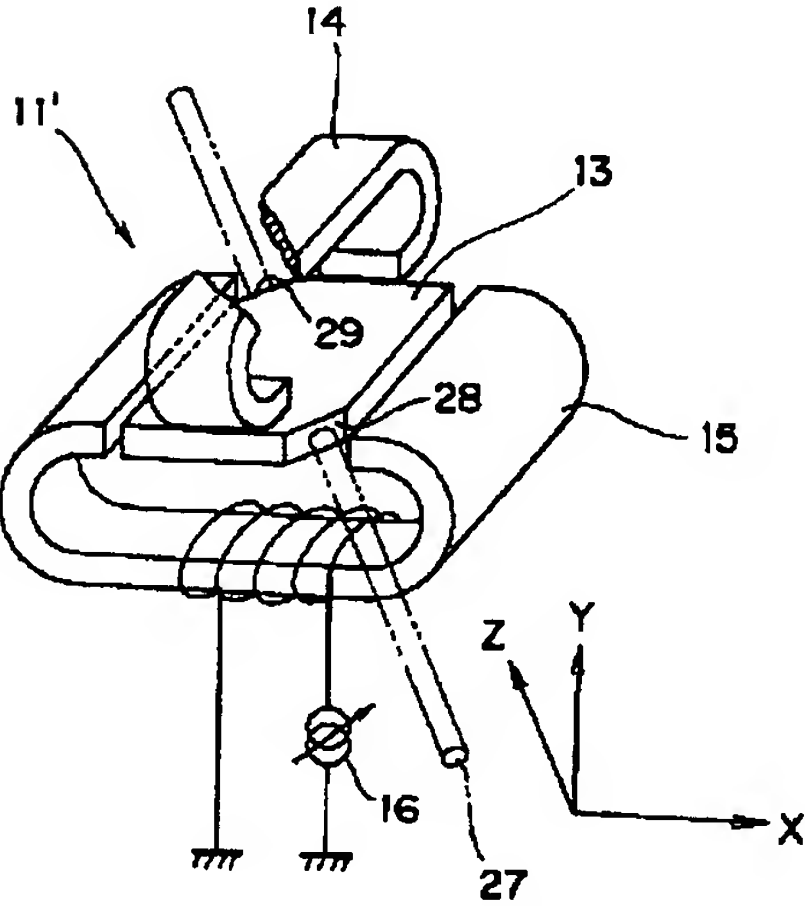


[Drawing 2]

第1実施例図



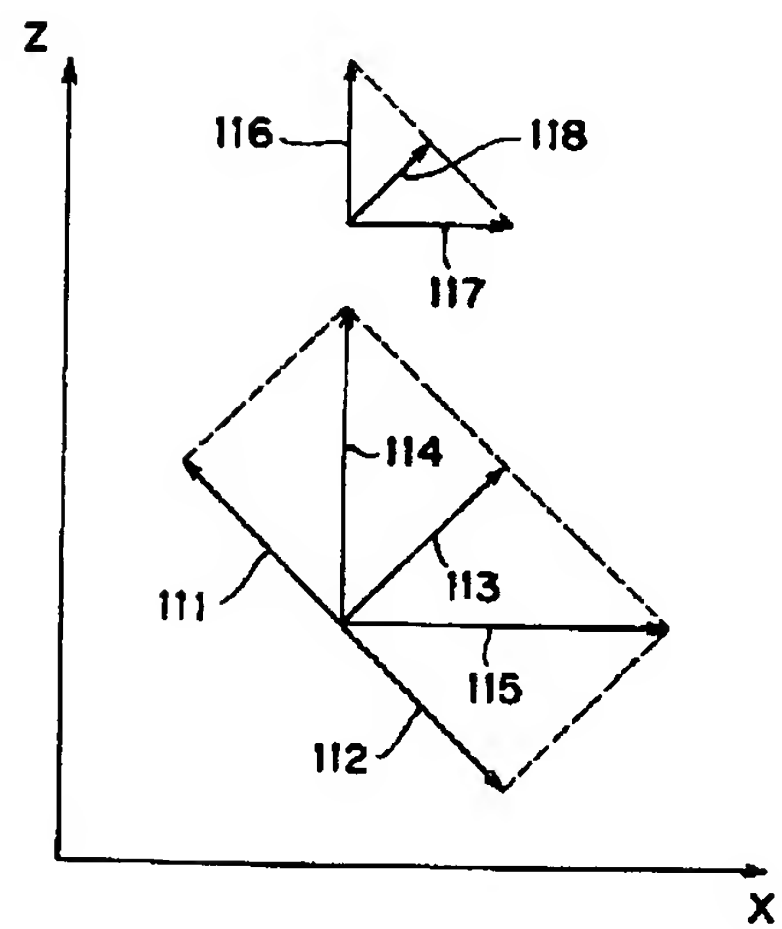
[Drawing 4]  
ファラデー回転子の他の構成例を示す図



[Drawing 5]

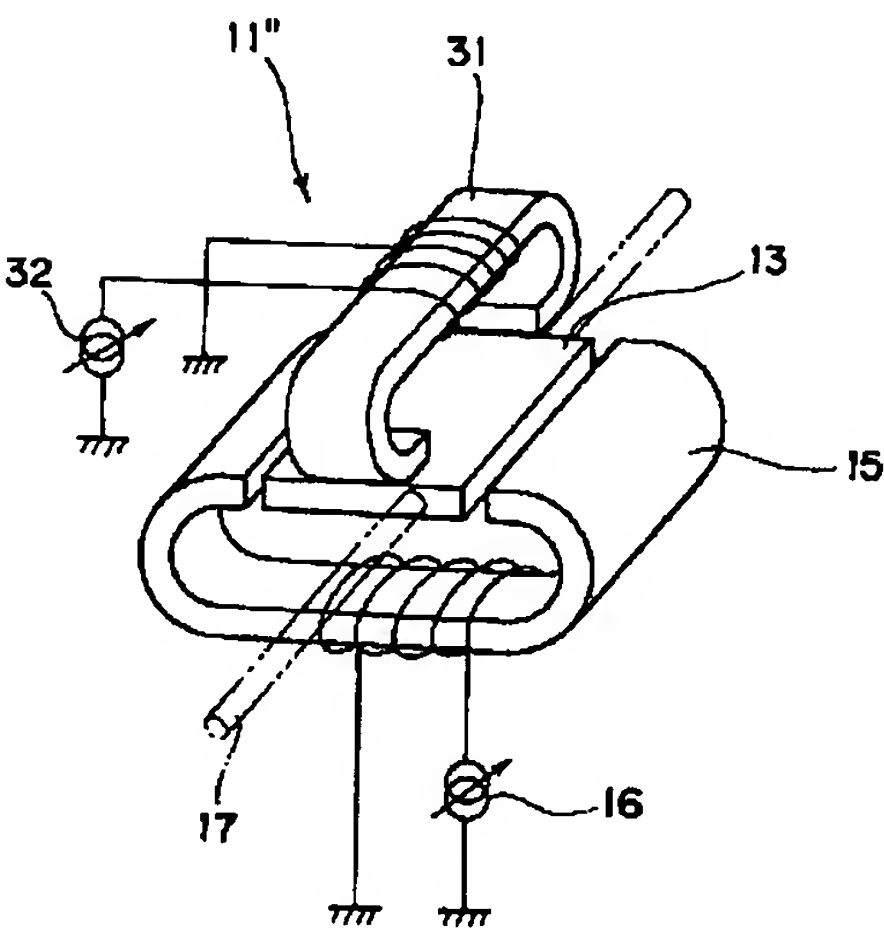


図 4 における磁界及び磁化の説明図



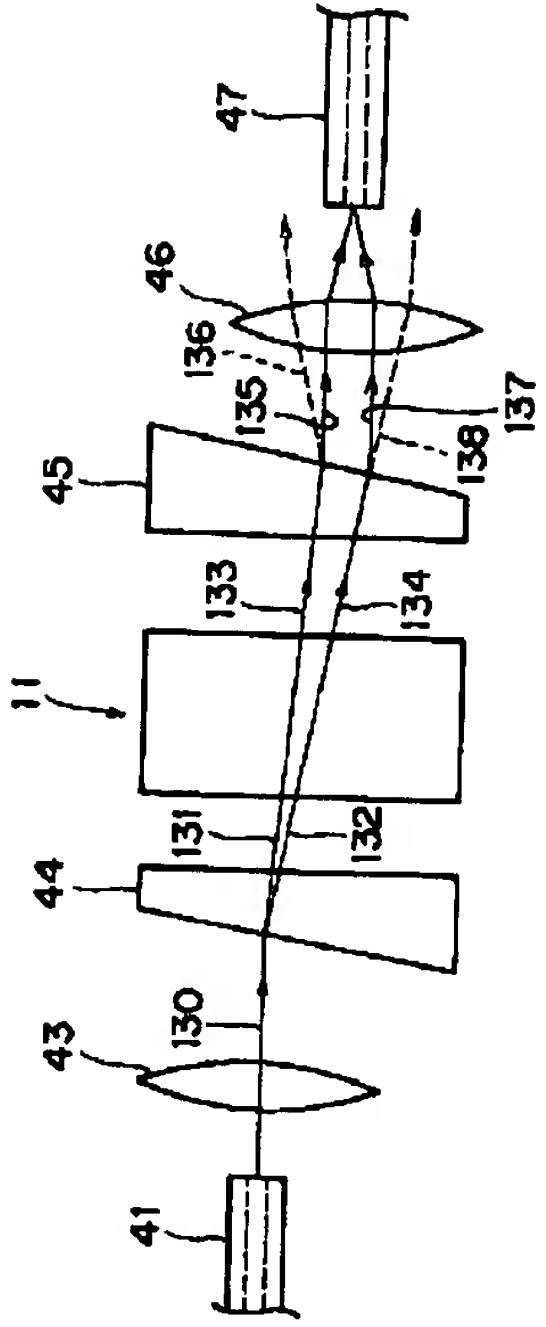
[Drawing 6]

ファラデー回転子の更に他の構成例を示す図

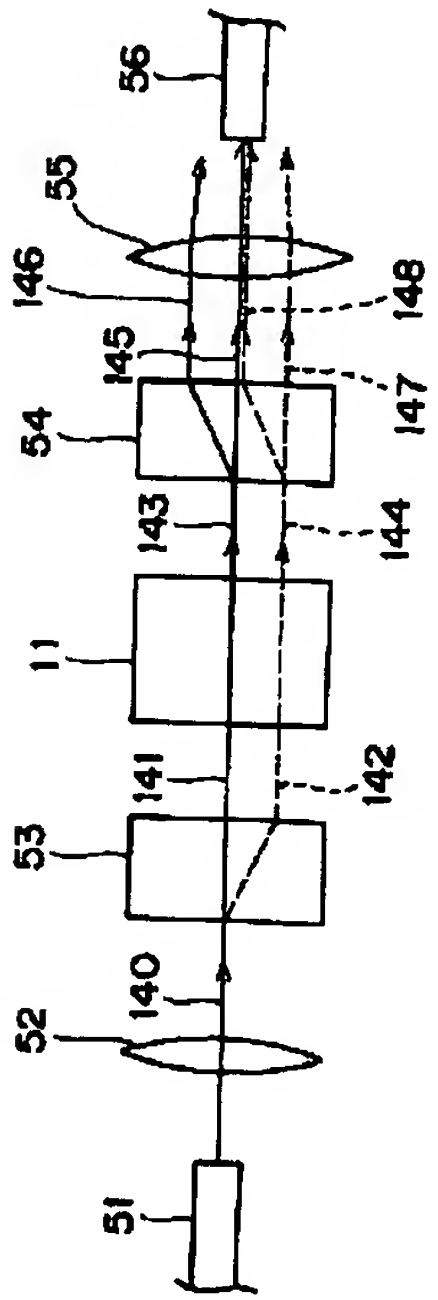


[Drawing 8]

第2实施例图



[Drawing 9]  
第3实施例图



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-51255

(43)公開日 平成6年(1994)2月25日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 F 1/09

識別記号

5 0 2

5 0 5

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11(全 8 頁)

(21)出願番号

特願平4-205044

(22)出願日

平成4年(1992)7月31日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 福島 暢洋

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 松本 昂

(54)【発明の名称】 光アッテネータ

(57)【要約】

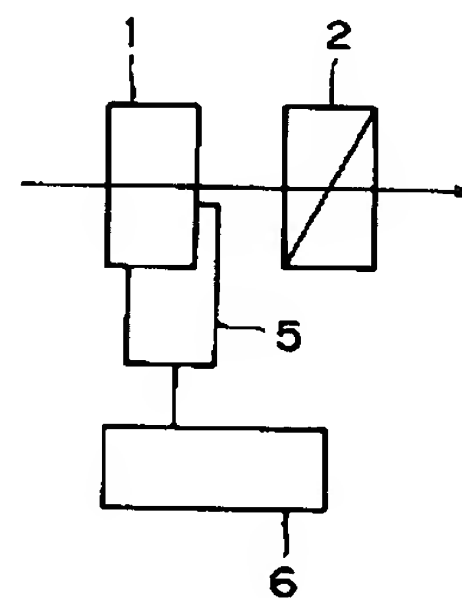
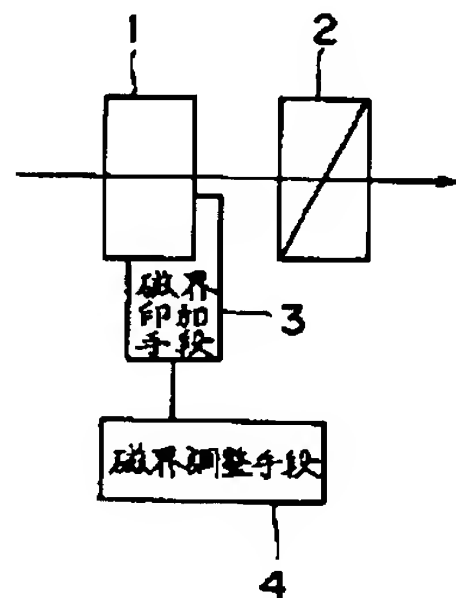
【目的】本発明は光アッテネータに関し、機械的可動部分を用いることなしに所要の減衰率を得ることができる光アッテネータの提供を目的とする。

【構成】磁気光学結晶1と、偏光子2と、互いに異なる方向の第1及び第2磁界を合成磁界の強さが所定値を超えるように磁気光学結晶1に対して印加する磁界印加手段3と、第1及び第2磁界の強さの少なくとも一方を変化させる磁界調整手段4とから構成する。

本発明の原理説明図

(A)

(B)



1 : 磁気光学結晶

2 : 偏光子



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の伝搬経路内に設けられた磁気光学結晶(1)と、

該磁気光学結晶(1)の上記光の伝搬方向下流側に設けられ、特定の偏光方向の光を通過させる偏光子(2)と、互いに異なる方向の第1及び第2磁界を合成磁界の強さが所定値を超えるように上記磁気光学結晶(1)に対して印加する磁界印加手段(3)と、上記第1及び第2磁界の強さの少なくとも一方を変化させる磁界調整手段(4)とを備えたことを特徴とする光ア

ッテネータ。

【請求項2】 上記第1及び第2磁界は上記光の伝搬方向を含む平面内の互いに直交する方向に印加されることを特徴とする請求項1に記載の光アッテネータ。

【請求項3】 上記磁界印加手段(3)は上記第1及び第2磁界をそれぞれ印加する電磁石及び永久磁石であり、上記磁界調整手段(4)は上記電磁石を駆動する電流を調整することを特徴とする請求項2に記載の光アッテネータ。

【請求項4】 上記第2磁界は上記光の伝搬方向と平行に印加されることを特徴とする請求項3に記載の光アッテネータ。

【請求項5】 上記第1及び第2磁界は上記光の伝搬方向に対して概略45°傾斜した方向に印加されることを特徴とする請求項3に記載の光アッテネータ。

【請求項6】 上記磁界印加手段(3)は上記第1及び第2磁界をそれぞれ印加する第1及び第2の電磁石であり、上記磁界調整手段(4)は上記第1及び第2の電磁石を駆動する電流の少なくとも一方を調整することを特徴とする請求項2に記載の光アッテネータ。

【請求項7】 上記所定値は上記磁気光学結晶(1)のファラデー回転角が飽和するのに必要とされる磁界の強さであることを特徴とする請求項1に記載の光アッテネータ。

【請求項8】 上記磁気光学結晶(1)におけるファラデー回転角は $2n\pi$  ( $n$ は自然数)よりも大きく設定されることを特徴とする請求項1に記載の光アッテネータ。

【請求項9】 第1の光ファイバ(41)と、該第1の光ファイバ(41)から出射した光を平行ビームにする第1のレンズ(43)と、該第1のレンズ(43)からの平行ビームを偏光方向が互いに直交する第1及び第2ビームに分離するテーバ状の第1の複屈折結晶(44)とをさらに備え、該第1の光ファイバ(41)、第1のレンズ(43)及び第1の複屈折結晶(44)は該第1の複屈折結晶(44)からの上記第1及び第2ビームが上記磁気光学結晶に入射するように配置され、

上記偏光子は、上記磁気光学結晶によりファラデー回転された上記第1及び第2ビームを、それぞれ、偏光方向が互いに直交す

る第3及び第4ビームに分離し並びに偏光方向が互いに直交する第5及び第6ビームに分離するテーバ状の第2の複屈折結晶(45)と、

第2のレンズ(46)と、

第2の光ファイバ(47)とを含み、

該第2の複屈折結晶(45)、第2のレンズ(46)及び第2の光ファイバ(47)は、該第2の複屈折結晶からの上記第3乃至第6ビームのうちの互いに平行ないずれか2つのビームが上記第2のレンズ(46)により収束されて上記第2の光ファイバ(47)に入射するように配置されることを特徴とする請求項1に記載の光アッテネータ。

【請求項10】 上記第1の複屈折結晶(44)の光学軸と上記第2の複屈折結晶(45)の光学軸は互いに平行であることを特徴とする請求項9に記載の光アッテネータ。

【請求項11】 第1の光ファイバ(51)と、該第1の光ファイバ(51)から出射した光を平行ビームにする第1のレンズ(52)と、該第1のレンズ(52)からの平行ビームを互いに平行で且つ偏光方向が互いに直交する第1及び第2ビームに分離する平行平板状の第1の複屈折結晶(53)とをさらに備え、

該第1の光ファイバ(51)、第1のレンズ(52)及び第1の複屈折結晶(53)は該第1の複屈折結晶(53)からの上記第1及び第2ビームが上記磁気光学結晶に入射するように配置され、

上記偏光子は、

上記磁気光学結晶によりファラデー回転された上記第1及び第2ビームを、それぞれ、互いに平行で且つ偏光方向が互いに直交する第3及び第4ビームに分離し並びに互いに平行で且つ偏光方向が互いに直交する第5及び第6ビームに分離する平行平板状の第2の複屈折結晶(54)と、

第2のレンズ(55)と、

第2の光ファイバ(56)とを含み、

該第2の複屈折結晶(54)、第2のレンズ(55)及び第2の光ファイバ(56)は、該第2の複屈折結晶(54)からの上記第3乃至第6ビームのうちの互いに一致するいずれか2つのビームが上記第2のレンズ(55)により収束されて上記第2の光ファイバ(56)に入射するように配置されることを特徴とする請求項1に記載の光アッテネータ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は磁気光学結晶を備えてなる光アッテネータに関する。光通信システムについて実験や調整を行う場合に、システムを構成している装置のいずれかに入力する光の強度レベルを調整するために、光アッテネータが使用されることがある。従来、光アッテネータとしては、減衰率を機械的に変化させるようにしたものが知られている。もし、光アッテネータをその減衰率が制御の対象の一つになるようにシステムに組み込んで使用するとすれば、システムの信頼性を高めるた

めに、機械的な可動部分がない光アッテネータの実用化が望まれる。

【0002】

【従来の技術】従来実用化されている光アッテネータとしては、機械的な動作によって減衰率を変化させるようにしたものがある。例えば、光路中に挿入される減衰膜の減衰率に分布をもたせておき、この減衰膜を変位させることで減衰率が調整される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような光アッテネータをその減衰率が制御の対象となるような制御システムに組み込んで使用することが実用上要求される場合がある。例えば、希土類元素がドープされた光ファイバに信号光及び励起光を導波させて信号光の増幅を行うようにした光増幅器において、所要の特性（例えばS/N等）を得るために、信号光及び／又は励起光のパワーをモニタレベルに応じて制御する場合である。

【0004】このような場合、機械的に減衰率を調整する光アイソレータの使用は、制御システムの信頼性を確保する上で避けるべきである。本発明の主たる目的は、機械的可動部分を有しない光アッテネータを提供することである。

【0005】本発明の他の目的は以下の説明から明らかになる。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の光アッテネータは、光の伝搬経路内に設けられた磁気光学結晶と、該磁気光学結晶の上記光の伝搬方向下流側に設けられ、特定の偏光方向の光を通過させる偏光子と、互いに異なる方向の第1及び第2磁界を合成磁界の強さが所定値を超えるように上記磁気光学結晶に対して印加する磁界印加手段と、上記第1及び第2磁界の強さの少なくとも一方を変化させる磁界調整手段とを備える。

【0007】

【作用】図1は本発明の原理を説明するための図である。図1(A)において符号1乃至4はそれぞれ前述の磁気光学結晶、偏光子、磁界印加手段及び磁界調整手段を表しており、図1(A)のブロック図により特定される構成は請求項1により特定される光アッテネータに相当している。

【0008】一方、図1(B)は、図1(A)に示された磁気光学結晶1及び偏光子2を用いて比較的容易に発想し得る、機械的可動部分を有しない光アッテネータの構成を示すブロック図である。図1(B)において、符号5は磁気光学結晶1に対して光の伝搬方向と同じ方向に磁界を印加する手段を表しており、符号6はこの磁界の強さを調整する手段を表している。

【0009】図1(B)の光アッテネータが現実提案されているか否かは不明ではあるが、図1(A)における磁界印加手段3及び磁界調整手段4による作用を説明

する上で有用と思われるのでこれを例示した。

【0010】一般に、磁気光学結晶にある磁界（磁場）を印加した状態で、つまり磁気光学結晶をある磁界の中においた状態で、直線偏光が磁気光学結晶内を通過すると、その偏光方向（直線偏光の電場ベクトルを含む平面の伝搬方向と垂直な平面への投影）は、伝搬方向にかかわらず常に一定の回転方向に回転される。

【0011】この現象はファラデー回転と称され、偏光方向の回転角の大きさ（ファラデー回転角）は、印加磁界により生じた磁気光学結晶の磁化の方向及び強さに依存する。具体的には、ファラデー回転角度は磁気光学結晶の磁化の強さの光の伝搬方向の成分の大きさによって決定される。

【0012】さて、磁気光学結晶と偏光子とを組み合わせた構成において、磁気光学結晶におけるファラデー回転角を調整すると、偏光子から出力される光の振幅をファラデー回転角に応じて変化させることができるので、この構成は直線偏光に対する光アッテネータを実現する上で有用である。

【0013】図1(B)の構成によると、手段6により印加磁界の大きさを調整して、一見すると、磁気光学結晶1におけるファラデー回転角度を有効に調整することができそうである。しかし、ここで考慮しておくべき点は、印加磁界の大きさが比較的小さい場合には、印加磁界による磁気光学結晶1の磁化が飽和状態に達せず、磁気光学結晶1内に多数の磁区が存在していることである。

【0014】このような多数の磁区の存在は、光アッテネータにおける減衰率の再現性を悪化させるし、良好な再現性が確保されているとしても減衰率の連続的な可変を困難にする。また、磁気光学結晶1に多数の磁区がある場合には、各磁区間の界面における光の散乱による減衰も生じ、実用上の不都合となる。

【0015】本発明によると、合成磁界の強さが所定値を超えるように磁界印加手段3が磁気光学結晶1に対して第1及び第2磁界を印加するようにしているので、磁気光学結晶1における磁化の強さを常に飽和させておくことができ、多数の磁区の存在による上記不都合を排除することができる。尚、磁気光学結晶において磁化の強さが飽和した状態は、磁区が一つになった状態として理解することができる。

【0016】また、本発明の構成によると、磁界調整手段4により第1磁界の強さ及び第2磁界の強さの少なくとも一方を変化させるようにしているので、これにより第1及び第2磁界の合成磁界の方向を変えることができる。合成磁界の方向が変わると、これに伴い磁気光学結晶1における磁化の方向も変わり、その結果、磁化の強さが飽和して一定であるにもかかわらず、磁化の強さの光伝搬方向の成分が変わり、結局磁気光学結晶1におけるファラデー回転角が変化するのである。



【0017】このように本発明によると、機械的可動部分がなく、しかも図1(B)の構成に比べて再現性が良好で実用性に優れた光アッテネータの提供が可能になる。

【0018】

【実施例】以下本発明の実施例を説明する。図2は本発明の第1実施例における光アッテネータの構成図である。この光アッテネータは、ファラデー回転子11と偏光子12を備えている。偏光子12は例えばグラン・トムソンプリズムである。

【0019】ファラデー回転子11は、磁気光学結晶13と、磁気光学結晶13に対して互いに直交する方向に磁界を印加する永久磁石14及び電磁石15と、電磁石15に駆動電流を与える可変電流源16とからなる。

【0020】光ビームが透過するのに十分な程度の厚みの比較的薄い磁気光学結晶13を用いることによって、飽和磁界（磁気光学結晶の磁化を飽和させ或いはファラデー回転角を飽和させるのに必要とされる磁界の強さ）を小さくすることができる。磁気光学結晶13としては、薄く切り出したYIG（イットリウム・鉄ガーネット）やエピタキシャル結晶成長させた（GdBi）、（FeAlGa）、 $O_{12}$ 等を用いることができる。

【0021】永久磁石14により磁気光学結晶13に印加される磁界の方向は磁気光学結晶13における光ビーム17の透過方向と平行であり、電磁石15により磁気光学結晶13に印加される磁界の方向は磁気光学結晶13における永久磁石14による磁界印加方向及び光ビーム17の透過方向に垂直である。

【0022】磁気光学結晶13に入射させる光ビーム17は直線偏光であり、その偏光方向はファラデー回転子11によりファラデー回転させられる。磁気光学結晶13を透過した光は、偏光子12で互いに偏光方向が直交する2つの偏光成分のうちの一方の偏光成分を取り出され、これがこの光アッテネータの光出力となる。

【0023】永久磁石14及び電磁石15による合成磁界の強さは、磁気光学結晶13における飽和磁界よりも常に大きくなるように設定される。その理由は前述した通りである。また、可変電流源16の可変範囲は、磁気光学結晶13から出射する光の偏光方向を、この光アッテネータの光出力の偏光方向に一致する方向と該方向に直交する方向の間で調整し得るような範囲に設定される。

【0024】以下の説明で用いるXYZ直交三次元座標系において、Z軸は磁気光学結晶13の透過光の伝搬方向と平行であり、Y軸は磁気光学結晶13の厚み方向と平行である。即ち、この例では、永久磁石14による印加磁界の方向はZ軸に平行であり、電磁石15による印加磁界の方向はX軸に平行である。

【0025】図3は、図2に示されたファラデー回転子11において磁気光学結晶13に与えられる磁界及び磁

気光学結晶13の磁化の方向及び強さ（大きさ）を説明するための図である。

【0026】いま、永久磁石14のみによって磁気光学結晶13に符号101で示されるように磁界が印加されている場合、磁気光学結晶13の磁化は符号102で示すようにZ軸と平行になる。このときの印加磁界の強さ（磁界ベクトル101の長さ）は、磁気光学結晶13の磁化の強さ（磁化ベクトル102の長さ）が飽和するように設定される。そして、例えば、この状態で光アッテネータの透過率が最大になるようなファラデー回転角が得られているものとする。

【0027】電磁石15による磁界が符号103で示されるようにX軸に平行に印加されると、合成磁界は符号104で示されるように磁界ベクトル101及び103の合成ベクトルとなる。この合成磁界104により磁気光学結晶13には符号105で示されるような磁化が生じる。磁化ベクトル105と磁界ベクトル104は平行であり、磁化ベクトル105の長さは磁化ベクトル102の長さに一致する。

【0028】磁気光学結晶13の磁化の強さが一定であるからといって、磁気光学結晶13におけるファラデー回転への寄与度が同じであるとは限らない。ファラデー回転角が当該磁化の方向と光の伝搬方向の関係にも依存するからである。

【0029】即ち、磁化102が生じている状態と磁化105が生じている状態を比較すると、磁化102のZ成分（磁化102そのもの）に対して磁化105のZ成分106が減少している分だけ、後者のファラデー回転角が小さくなるのである。

【0030】前者の状態において最大透過率が得られるのであるから、後者の状態において最小透過率が得られるようにするためには、つまり後者の状態において光の全成分が偏光子12で除去されるようにするためには、両者の間のファラデー回転角の差を $\pi/2$ （90°）に設定すればよい。

【0031】いま、永久磁石14による磁界101と合成磁界104がなす角を $\theta$ とすると、磁化102と磁化105がなす角も $\theta$ となり、磁化105のZ成分106と磁化102の比は $\cos\theta$ に等しい。

【0032】例えば、永久磁石14によってのみ磁界が印加されているときにおける磁気光学結晶13のファラデー回転角が $2\pi$ に設定されている場合には、 $(1 - \cos\theta)$ が0.25になるように可変電流源16の電流可変幅を設定しておくことによって、最大透過率から最小透過率の全範囲を網羅することができる。同ファラデー回転角が $4\pi$ 及び $8\pi$ である場合には、それぞれ $(1 - \cos\theta)$ の値は $0.25/2$ 及び $0.25/4$ で良いことになる。

【0033】従って、最大透過率から最小透過率の全範囲を網羅するための電流可変幅を小さく抑えるために



は、永久磁石14によってのみ磁界が印加されているときのファラデー回転角を $2n\pi$  ( $n$ は自然数)とすると、 $n$ をできるだけ大きくすればよい。尚、説明の便宜上 $n$ が自然数であるとしたが、そうでなくても構わない。 $n$ の値は入射光の偏光方向と偏光子12の固有偏光の方向の係数に応じて設定することができる。

【0034】本実施例によると、最大透過率から最小透過率の全範囲にわたって常に磁気光学結晶13には飽和磁界が印加されているので、磁気光学結晶13に多数の磁区が形成されることに起因する不都合が生じない。また、最大透過率から最小透過率までの全範囲について電氣的な調整が可能であるので、応答性が良好で且つ信頼性の高い光アッテネータの提供が可能になる。

【0035】図4は図2に示されたファラデー回転子の変形例を示す図である。このファラデー回転子11'が図2のファラデー回転子11と異なる点は、磁気光学結晶13の相対する対角に互いに平行な平面28及び29を形成し、光ビーム27がこれらの面28及び29を通過するようにしている点である。

【0036】この例では、永久磁石14による磁界の方向と電磁石15による磁界の方向は共に光の伝搬方向に対して概略 $45^\circ$ 傾斜している。この例では、XYZ直交三次元座標系においてY軸が磁気光学結晶13の厚み方向に平行でZ軸が光の伝搬方向に平行であるとする。

【0037】図5は図4に示されたファラデー回転子における磁界及び磁化の説明図である。電磁石15により印加される磁界は、符号111で示される状態から符号112で示される状態の範囲で強さ及び向きを調整可能である。符号113は永久磁石14による印加磁界を示している。この場合、合成磁界は符号114で表される状態と符号115で表される状態の範囲で強さ及び方向が変化する。

【0038】これに伴い、磁気光学結晶13の磁化も符号116で表される状態から符号117で表される状態の範囲で強さ及び方向が変化する。図から明らかなように、図4のファラデー回転子11'を用いると、電磁石15の駆動電流の可変幅をさほど大きくすることなしに、前述の $\theta$ の可変幅を容易に零から $\pi/2$ の範囲に設定することができる。尚、磁化の強さが最小になる符号118で示される状態(電磁石15による印加磁界が零の状態)でファラデー回転角が十分に飽和するように、永久磁石14による印加磁界が設定される。

【0039】図6は図2のファラデー回転子の他の変形例を示す図である。このファラデー回転子11''が図2のファラデー回転子11と異なる点は、図2の永久磁石14に代えて電磁石31を設け、さらに電磁石31に駆動電流を与える可変電流源32を設けている点である。

【0040】図7は図6のファラデー回転子11''における磁界及び磁化の説明図である。図6の構成によると、電磁石15及び31による印加磁界を調整すること

で合成磁界を符号121乃至124で示すように連続的に且つ飽和磁界を保ったままで変化させることができる。これに伴い、磁気光学結晶13の磁化は符号125乃至128で示すように変化する。

【0041】このように図6の構成によると、図4のような複雑な形状の磁気光学結晶を用いることなしに、前述の $\theta$ の可変範囲を容易に零乃至 $\pi/2$ に設定することができる。

【0042】図8は本発明の第2実施例を示す光アッテネータの構成図である。光ファイバ41と、レンズ43と、テーパ状の複屈折結晶44と、図2のファラデー回転子11と、テーパ状の複屈折結晶45と、レンズ46と、光ファイバ47とが図示しない光源の側からこの順序で配列されている。

【0043】複屈折結晶44及び45の材質は例えばルチルであり、これらの形状は同じである。複屈折結晶44の頂部及び底部はそれぞれ複屈折結晶45の底部及び頂部に対向し且つ対応する面は互いに平行である。また、複屈折結晶44及び45の光学軸は紙面に垂直な平面内にあり、各光学軸の位置関係はアッテネータのゼロ入力時の損失の設定による。以下の説明ではゼロ入力時に損失が最小になるように定めることとし、複屈折結晶44の光学軸と複屈折結晶45の光学軸が互いに平行であるとする。

【0044】光ファイバ41の出射光はレンズ43によりコリメートされて平行光ビームになる。このビームはビーム太さを無視して符号130で表されている。ビーム130は複屈折結晶44においてその常光線に相当するビーム131と異常光線に相当するビーム132に分離される。ビーム131の偏光方向とビーム132の偏光方向は互いに直交している。

【0045】ビーム131及び132はファラデー回転子11で偏光方向をそれぞれ同じ角度だけ回転されそれぞれビーム133及び134になる。ビーム133は複屈折結晶45においてその常光線成分であるビーム135と異常光線成分であるビーム136に分離される。また、ビーム134は複屈折結晶45においてその異常光線成分であるビーム137と常光線成分であるビーム138に分離される。

【0046】ビーム135乃至138がそれぞれ受けてきた屈折の履歴と複屈折結晶44及び45の形状及び配置形態とを考慮すると、ビーム135及び137は互いに平行であり、ビーム136及び138は互いに平行でない。

【0047】従って、ビーム135乃至138のうちビーム135及び137のみをレンズ46により絞り込んで光ファイバ47に入射させることができる。さて、ビーム135及び137のトータルパワーとビーム136及び138のトータルパワーの比は、ファラデー回転子11におけるファラデー回転角に依存する。一方、ファ

10

20

30

40

50

ラデー回転子11におけるファラデー回転角が一定である状態においては、ビーム135及び137のトータルパワーは光ファイバ41の出射光の偏光状態には依存しない。

【0048】従って、本実施例によると、減衰率を電氣的に且つ連続的に変化させることができしかも入射光の偏光状態が特定の直線偏光に限定されることのない光アッテネータの提供が可能になる。

【0049】図9は本発明の第3実施例を示す光アッテネータの構成図である。光ファイバ51とレンズ52と

平行平板状の複屈折結晶53と図2のファラデー回転子11と平行平板状の複屈折結晶54とレンズ55と光ファイバ56がこの順序で図示しない光源の側から配置されている。

【0050】複屈折結晶53及び54は例えばルチルから形成され、これらの厚みは等しい。また、複屈折結晶53の光学軸と複屈折結晶54の光学軸は互いに直交し、且つ、各光学軸はそれぞれ光の進行方向に対して45°傾斜している。

【0051】光ファイバ51の出射光はレンズ52により平行光ビームにコリメートされる。このビームはビーム太さを無視して符号140で表される。ビーム140は複屈折結晶53においてその常光線に相当するビーム141と異常光線に相当するビーム142に分離される。ビーム141及び142は互いに平行であり、ビーム141の偏光方向とビーム142の偏光方向は互いに直交する。

【0052】ビーム141及び142はファラデー回転子11で偏光方向を回転されそれぞれビーム143及び144になる。ビーム143は複屈折結晶54においてその常光線成分に相当するビーム145と異常光線成分に相当するビーム146に分離される。ビーム144は複屈折結晶54においてその常光線成分に相当するビーム147と異常光線成分に相当するビーム148に分離される。

【0053】複屈折結晶53及び54は互いに平行でありこれらの厚みは等しいので、ビーム145はビーム148に一致する。従って、ビーム145乃至148のう

ちビーム145及び148のみをレンズ55により絞り込んで光ファイバ56に入射させることができる。

【0054】さて、ビーム145及び148のトータルパワーとビーム146及び147のトータルパワーの比は、ファラデー回転子11におけるファラデー回転角に依存する。一方、ファラデー回転子11におけるファラデー回転角が一定である状態においては、ビーム145及び148のトータルパワーは光ファイバ51の出射光の偏光状態には依存しない。

【0055】従って、本実施例によると、減衰率を電氣的に且つ連続的に変化させることができしかも入射光の偏光状態が特定の直線偏光に限定されることのない光アッテネータの提供が可能になる。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、機械的可動部分を有しない実用性に優れた光アッテネータの提供が可能になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】本発明の第1実施例を示す光アッテネータの構成図である。

【図3】図2における磁界及び磁化の説明図である。

【図4】図2のファラデー回転子の他の構成例を示す図である。

【図5】図4における磁界及び磁化の説明図である。

【図6】図2のファラデー回転子のさらに他の構成例を示す図である。

【図7】図6における磁界及び磁化の説明図である。

【図8】本発明の第2実施例を示す光アッテネータの構成図である。

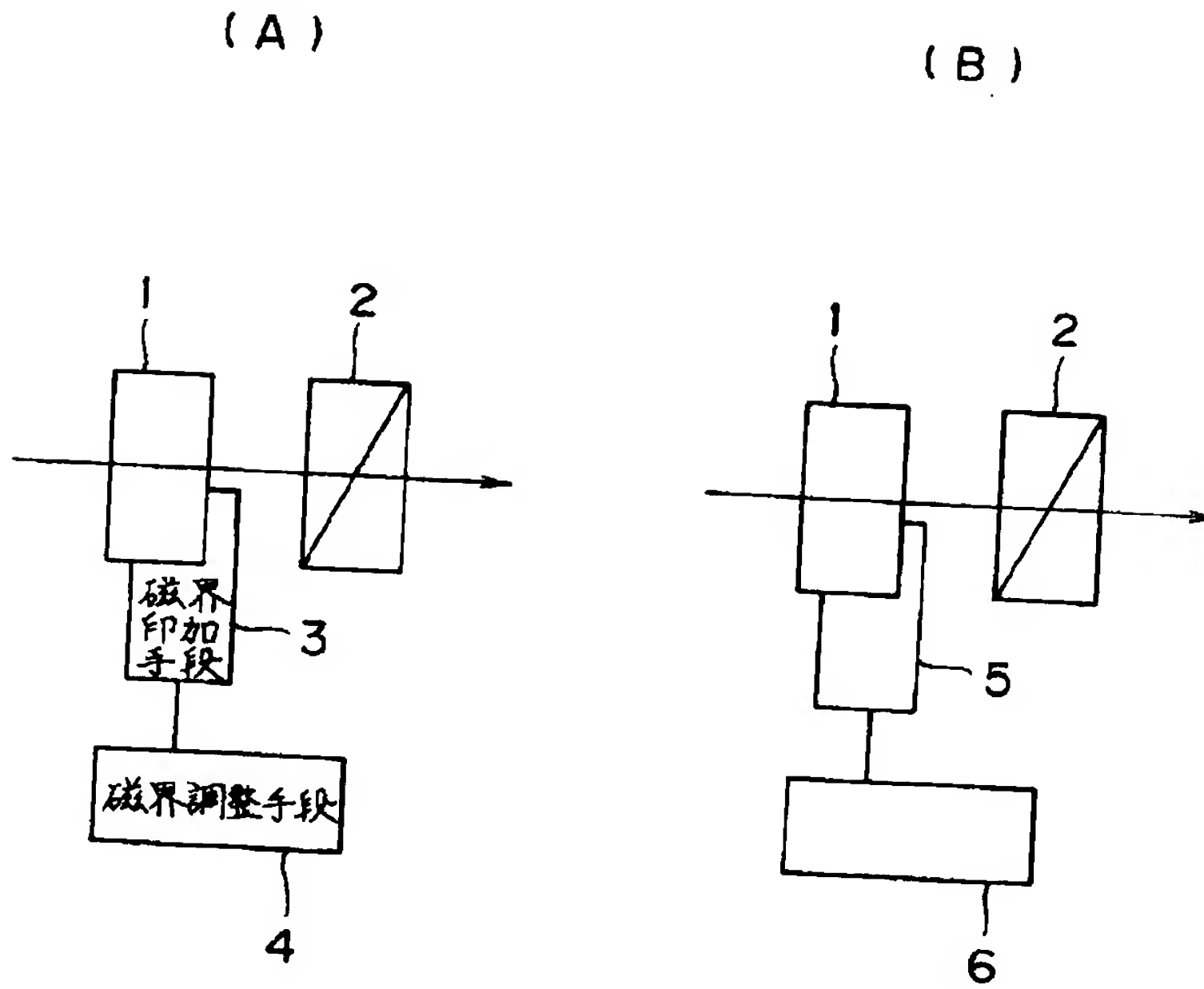
【図9】本発明の第3実施例を示す光アッテネータの構成図である。

【符号の説明】

- 1, 13 磁気光学結晶
- 2, 12 偏光子
- 3 磁界印加手段
- 4 磁界調整手段

【図1】

## 本発明の原理説明図

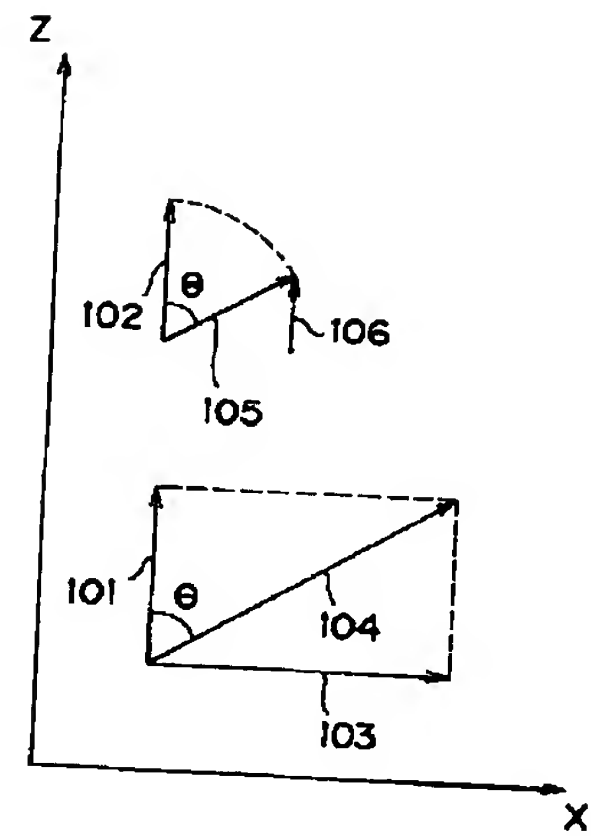


1 : 磁気光学結晶

2 : 偏光子

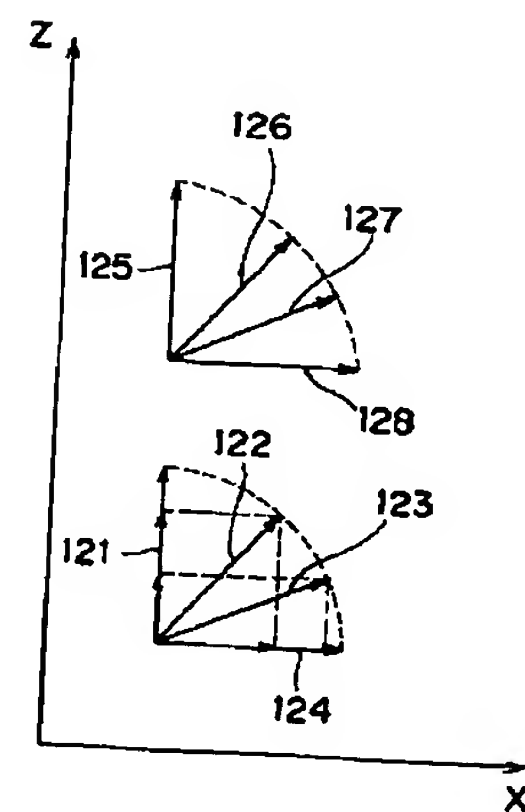
【図3】

図2における磁界及び磁化の説明図



【図7】

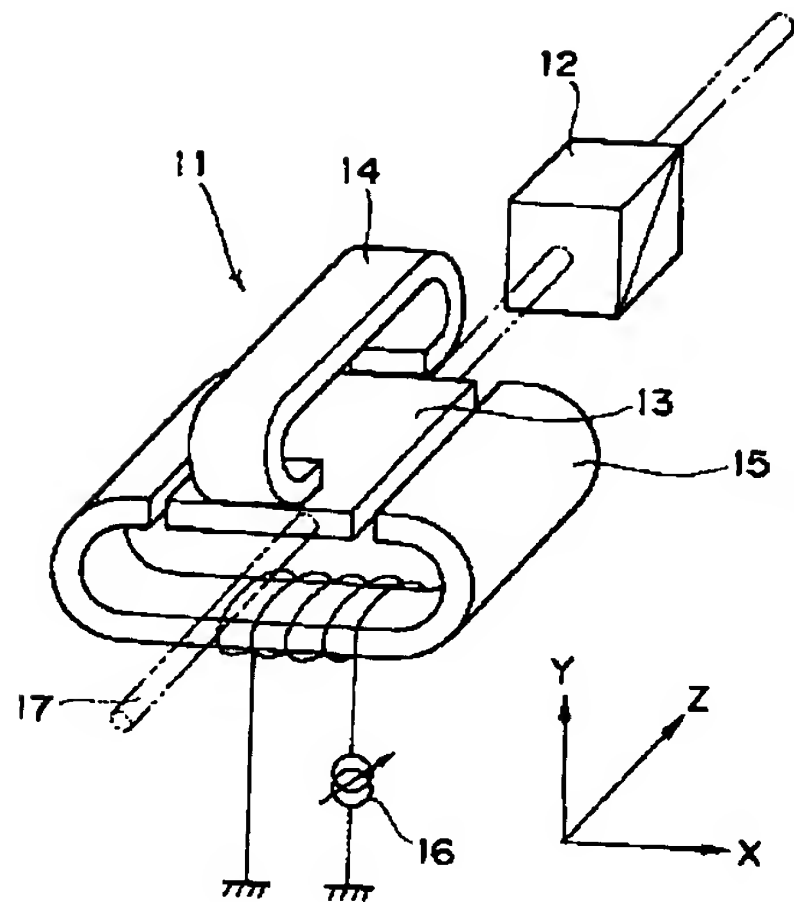
図6における磁界及び磁化の説明図





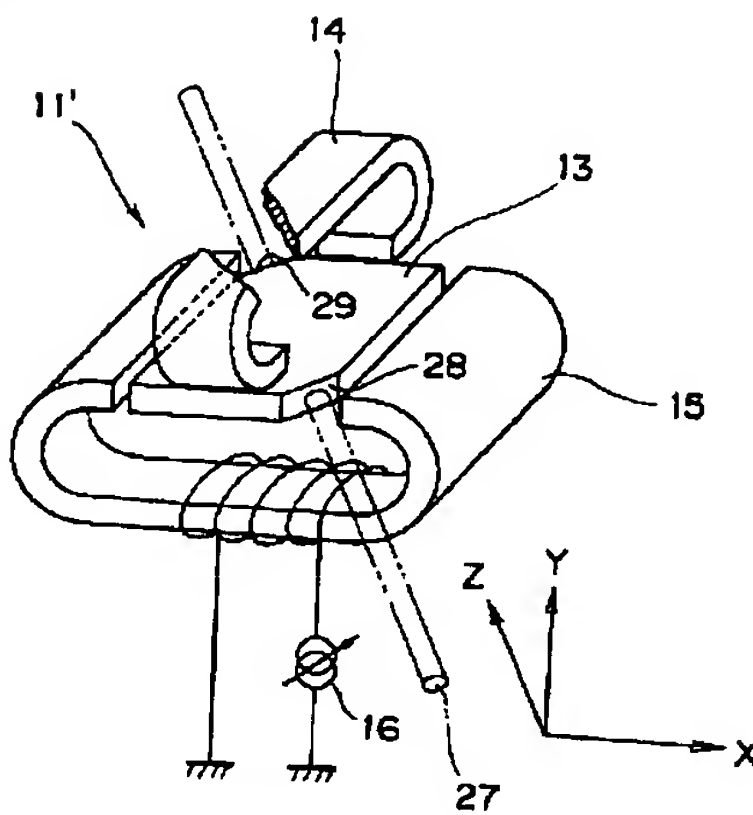
【図2】

第1実施例図



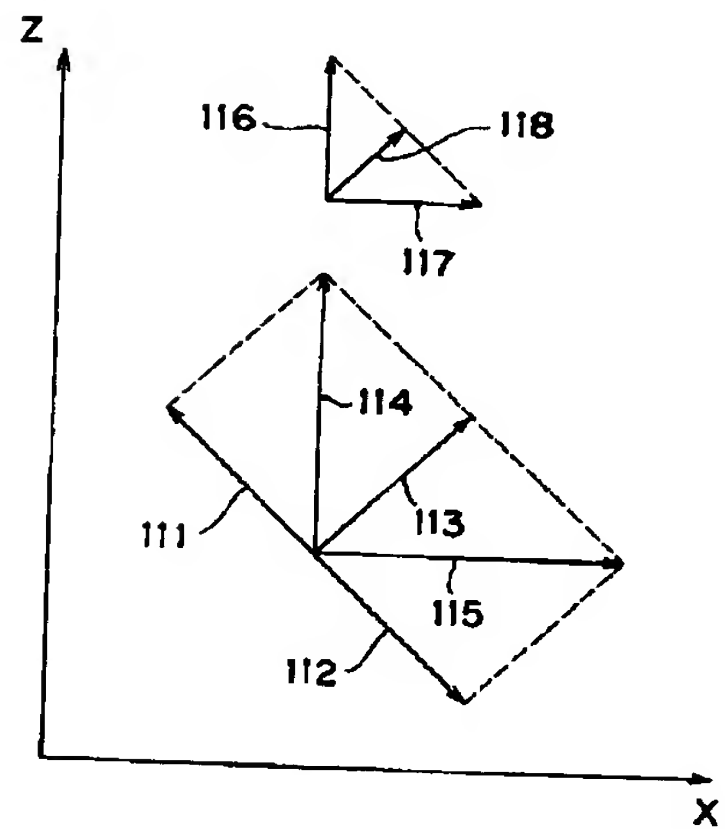
【図4】

ファラデー回転子の他の構成例を示す図



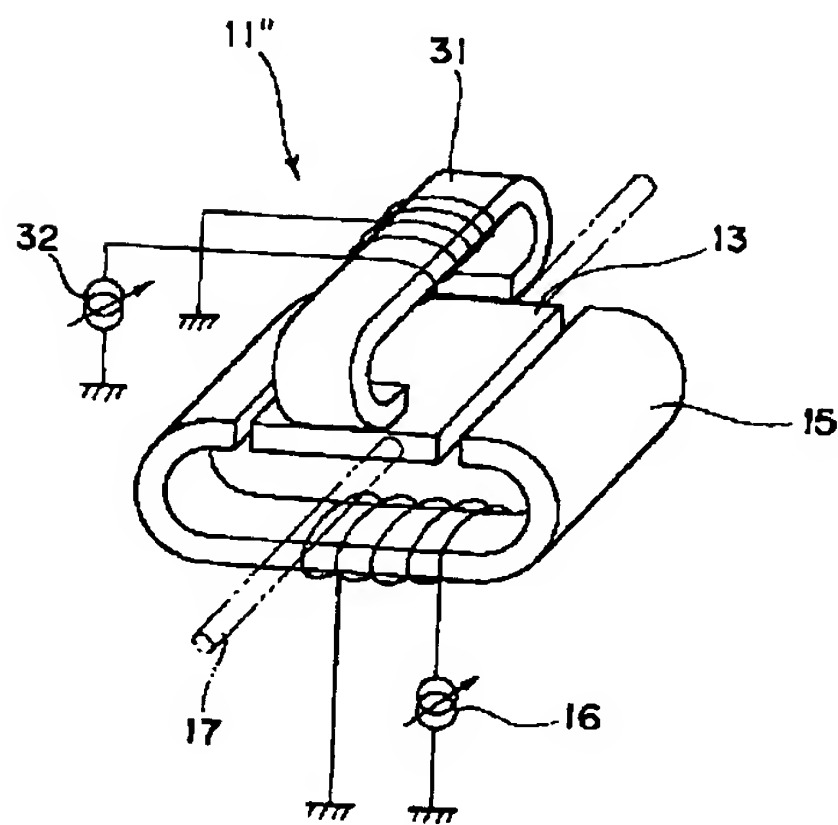
【図5】

図4における磁界及び磁化の説明図



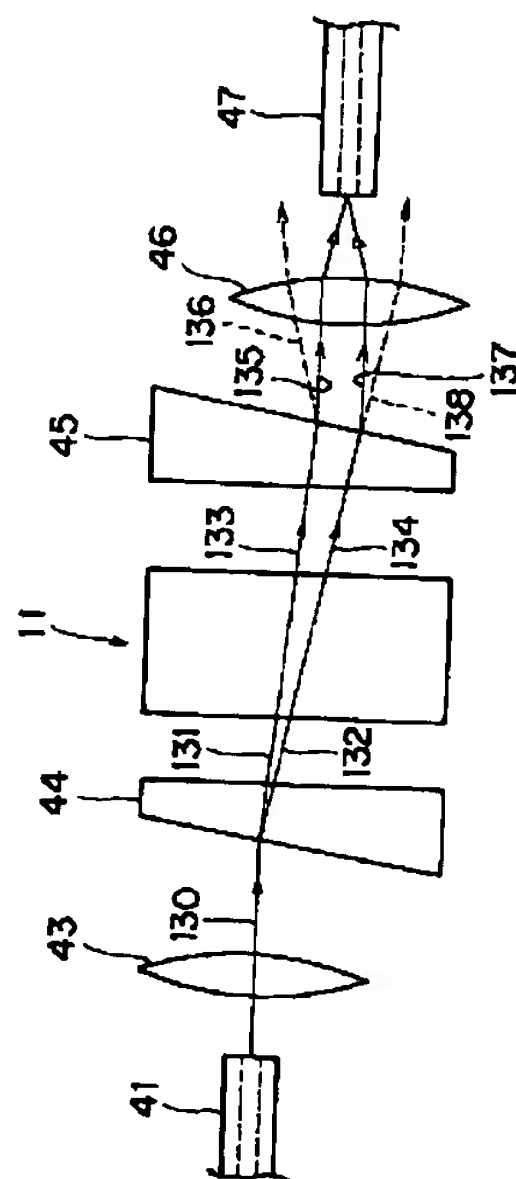
【図6】

ファラデー回転子の更に他の構成例を示す図



【図8】

第2実施例図



【図9】

第3実施例図

